



IWW ZENTRUM WASSER



Umwelt  
Bundesamt

Deutscher Verein des  
Gas- und Wasserfaches e.V.



www.dvgw.de

# Analytik von PFAS in Trinkwasser

Methoden, Performance, Herausforderungen,  
Überblick über Befunde

Dr. Ulrich Borchers, Wasserkurs 2023, 02. November 2023

1

## Historie, Allgemeines, Background

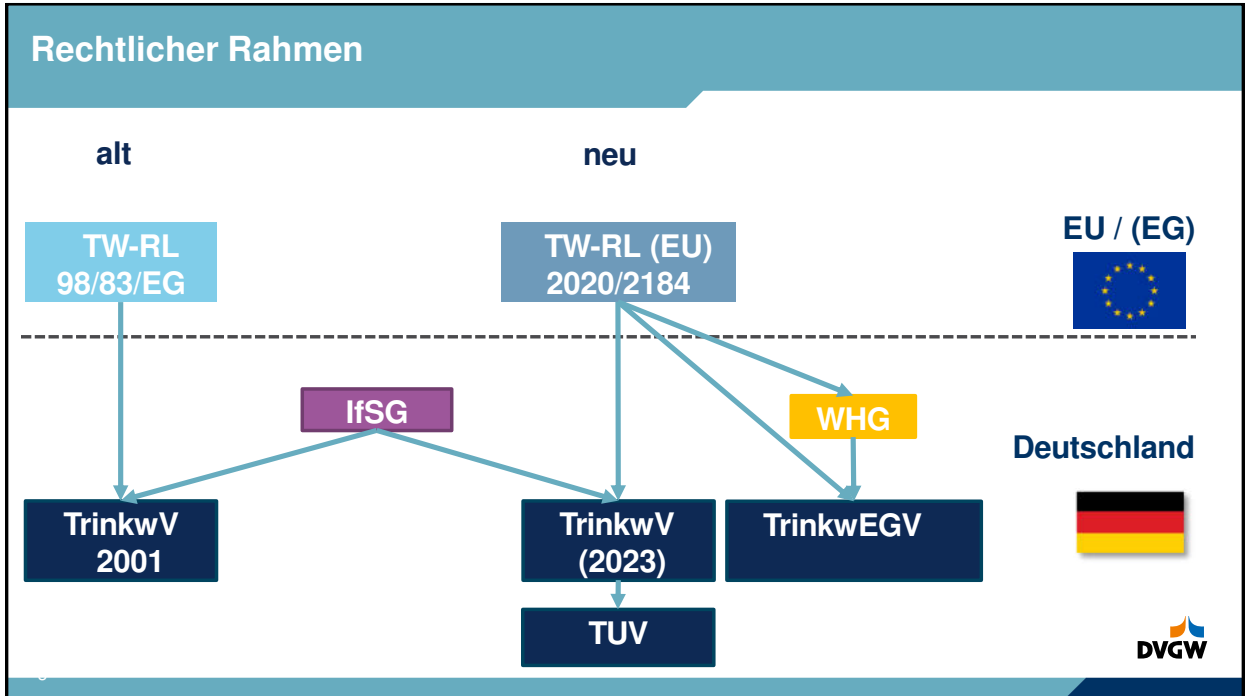
EU-Trinkwasserrichtlinie und TrinkwV 2023



2 Borchers, PFAS

2

1



3

## Neue Trinkwasserverordnung in Kraft seit 24.06.23

The image shows the cover of the Bundesgesetzblatt (Federal Law Gazette) for the new drinking water regulation. The cover features the German coat of arms and the following text:

**Bundesgesetzblatt**  
Teil I  
2023      Ausgegeben zu Bonn am 23. Juni 2023      Nr. 159  
Zweite Verordnung  
zur Novellierung der Trinkwasserverordnung<sup>1</sup>  
Vom 20. Juni 2023

The DVGW logo is visible in the bottom right corner.

4

# Allgemeine Anforderungen an Untersuchungen

Methoden, Performance, Probenahme, Akkreditierung



5

## Zulassung und Akkreditierung (§40)

- Rechtsverordnung auf Grund von § 38 Absatz 1 Satz 1 Nummer 11 des IfSG steht noch aus
  - Trinkwasseruntersuchungsstellenverordnung (TUV)
- Daher **gilt der „alte“ § 15 TrinkwV 22. September 2021** (BGBl. I S. 4343)
  - Absatz 4 Satz 2 bis 5
  - Absatz 5 und 6 der Trinkwasserverordnung
- Akkreditierung bei der DAkkS wie bisher
- Die zuständige oberste Landesbehörde ... hat eine Liste der von ihr zugelassenen Untersuchungsstellen ... zu veröffentlichen oder ... bekannt zu machen
  - Die Liste der zugelassenen Untersuchungsstellen ist mindestens jährlich zu aktualisieren.



6

## Anforderungen an die chemische Analytik nach TrinkwV

### • § 43 Untersuchungsverfahren

#### • (6) Bei Untersuchung auf die in Anlage 2 und in Anlage 3 genannten chemischen und chemisch-physikalischen Parameter

- mindestens allgemein anerkannten Regeln der Technik
- hinreichend zuverlässige Messwerte
- Anlage 7 Teil I Verfahrenskennwerte
  - Messunsicherheit, individuell geregelt
  - Bestimmungsgrenze, pauschal geregelt 30 % des Grenzwerts (Sonderregelung PFAS)



#### • EU-Trinkwasserrichtlinie

- Artikel 13 Überwachung, Absatz 7)  
Bis 12. Januar 2024 legt Kommission **technische Leitlinien bezüglich der Analyseverfahren** der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen fest
  - Parameter „PFAS gesamt“
  - „Summe der PFAS“



7

Borchers, PFAS

7

## TrinkwV – Performance-Anforderungen (Verfahrenskenndaten)

### • PFAS-20

- Erweiterte Messunsicherheit **50 %** ( $k = 2$ )
  - Gilt je Einzelsubstanz bei **5 ng/l** des Summengrenzwertes von 20 Verbindungen
- **Bestimmungsgrenze 1,5 ng/l** oder niedriger für Einzelsubstanzen

### • PFAS-4

- Erweiterte Messunsicherheit **50 %** ( $k = 2$ )
  - Gilt je Einzelsubstanz bei **5 ng/l** des Summengrenzwertes von 4 Verbindungen
- **Bestimmungsgrenze 1,5 ng/l** oder niedriger für Einzelsubstanzen



8

# Beschaffenheit des Trinkwassers - Parameterlisten am Beispiel PFAS

Überwachung nur im Rahmen Target-Analytik in DE



## Allgemeine Anforderungen an Trinkwasser (§ 5 TrinkwV)

- Trinkwasser muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist. Es muss rein und genusstauglich sein.
- Diese Anforderungen gelten als erfüllt, wenn
  - ..... mindestens allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden
  - das Trinkwasser den Anforderungen der §§ 6 bis 9 entspricht
    - §6 → Mikrobiologische Anforderungen
    - §7 → Chemische Anforderungen
    - §8 → Indikatorparameter
    - §9 → Radiologische Anforderungen



## Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)

### Umsetzung EU-Trinkwasserrichtlinie:

**Summe PFAS-20 = 0,00010 mg/l** ( $\cong$  100 ng/l)

20 festgelegte PFAS-Substanzen

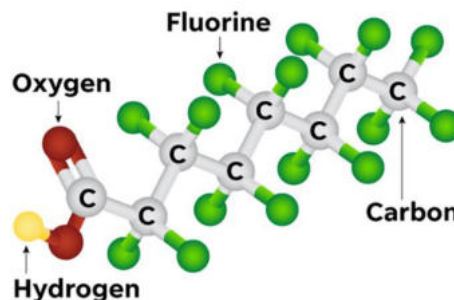
**Grenzwert gilt ab 12.01.2026**

### Neuer nationaler Parameter:

**Summe PFAS-4 = 0,000020 mg/l** ( $\cong$  20 ng/l)

PFHxS, PFOS, PFOA und PFNA

**Grenzwert gilt ab 12.01.2028**



11 Borchers, TrinkWV 2023

11

## 20 Einzelstoffe für den Parameter 'PFAS-20 mit GW 0,1 µg/l

C-Atome	Carbonsäuren	Sulfonsäuren
4	Perfluorbutansäure (PFBA)	Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
5	Perfluorpentansäure (PFPeA)	Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)
6	Perfluorhexansäure (PFHxA)	<b>Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)*</b>
7	Perfluorheptansäure (PFHpA)	Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)
8	<b>Perfluoroctansäure (PFOA)*</b>	<b>Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)*</b>
9	<b>Perfluornonansäure (PFNA)*</b>	Perfluornonansulfonsäure (PFNS)
10	Perfluordecansäure (PFDA)	Perfluordecansulfonsäure (PFDS)
11	Perfluorundecansäure (PFUnDA)	Perfluorundecansulfonsäure
12	Perfluordodecansäure (PFDoDA)	Perfluordodecansulfonsäure
13	Perfluortridecansäure (PFTrDA)	Perfluortridecansulfonsäure

\* 4 PFAS von besonderer Besorgnis laut EFSA-Vorschlag



12

## Wie könnten zukünftige Höchstwerte aussehen (PFAS-4)?

**Höchstwerte** = Summe aus:

- 1) toxikologisch tolerierbar
- 2) analytisch und technisch machbar
- 3) finanzierbar

20 ng/l?



**Stufenplan!**



2 ng/l?



Weitere verschiedene Leitwerte / GOW für unterschiedliche Stoffe zu erwarten

## Analytik PFAS in Trinkwässern

Europäische Norm EN 17892 fast fertig!

## Normentwurf CEN - FprEN 17892 Oktober 2023

CEN/TC 230  
Date: 2023-09-26  
FprEN 17892  
Secretariat: DIN

**Water quality — Determination of selected per- and polyfluoroalkyl substances in drinking water — Method using liquid chromatography/tandem-mass spectrometry (LC-MS/MS)**

**Wasserbeschaffenheit — Bestimmung ausgewählter Per- und Polyfluoralkylsubstanzen in Trinkwasser — Verfahren mittels Flüssigkeitschromatographie/Tandem-Massenspektrometrie (LC-MS/MS)**

**Qualité de l'eau — Détermination de substances per- et polyfluoroalkyles sélectionnées sur l'eau potable — Méthode par chromatographie liquide/spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS)**

ICS:



15

## prEN 17892 – Anwendungsbereich

- Verfahren zur Bestimmung des gelösten Anteils ausgewählter Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS)
  - mittels LC MS/MS
  - in nicht filtriertem Trinkwasser, < 0,5 g/l Feststoff (SPM)
  - weitere Wasserarten wie Süßwasser (z.B. Grundwasser, Oberflächenwasser) oder behandeltes Abwasser nach Validierung im Einzelfall
- Für jede Zielverbindung werden sowohl eventuell auftretende **verzweigte Isomere** als auch das jeweilige **unverzweigte Isomere** zusammen quantifiziert
- Die mit dieser Methode ermittelte Stoffauswahl ist repräsentativ für eine Vielzahl von PFAS
  - Die in Tabelle 1 aufgeführten Analyten sind validiert.
  - Die Liste in dieser Tabelle kann je nach Zweck und Schwerpunkt der Methode modifiziert werden
  - Dokument ermöglicht die Überwachung der 20 PFAS gemäß TrinkwV 2023

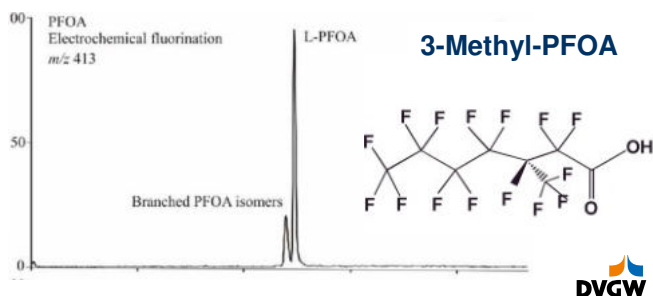


16



## Struktur der regulierten PFAS unklar

- EU-Trinkwasser-RL und EFSA sprechen nur von PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS usw.
- Unklar ist...
  - ob Gesamtgehalt gemeint ist
  - ob nur n-Isomere gemeint sind
- Oft werden bisher nur n-Isomere (linear) angegeben
- Der Gehalt an PFOA ist jedoch
  - N-PFOA + „Verzweigte-PFOA“
- **Klärung in Gesetzgebung sinnvoll**
- **In Methode erledigt!**



17

## FprEN 17892 – Anwendungsbereich

- Für zahlreiche Stoffe, für die diese Norm gilt, kann eine Bestimmungsgrenze (LOQ) von 1 ng/l erreicht werden
  - Die Verwendung einer Direktinjektion mit großem Probenvolumen, wie in Teil A beschrieben, oder von SPE, wie in Teil B beschrieben, ermöglicht niedrigere LOQs
- Analytische Limitierungen können bei kurzkettingen PFAS oder PFAS mit mehr als zehn Kohlenstoffatomen in der Kohlenstoffkette auftreten
- Tatsächlich erreichbare LOQs können auch von den Blindwerten abhängig sein

**DVGW**

18

## FprEN 17892 – Grundlagen / Prinzipien

### • Teil A: Methode mittels Direktinjektion und LC-MS/MS

- Ein Aliquot der unfiltrierten Wasserprobe wird mit Methanol verdünnt und mit einer Lösung von isotopenmarkierten internen Standards versetzt
- Die verdünnte Wasserprobe wird direkt in das Analysensystem injiziert
- Die Identifizierung und quantitative Bestimmung der in Tabelle 1 aufgeführten Substanzen erfolgt mittels Flüssigkeitschromatographie gekoppelt mit Tandem-Massenspektrometrie-Detektion (LC-MS/MS)

### • Teil B: Methode mit Festphasenextraktion analog ISO 21675

- Die in Tabelle 1 aufgeführten Analyten werden aus der Wasserprobe durch Festphasenextraktion unter Verwendung eines schwachen Anionenaustauscher-Sorbens extrahiert
- Die Identifizierung und quantitative Bestimmung der in Tabelle 1 aufgeführten Substanzen erfolgt mittels Flüssigchromatographie gekoppelt mit Tandem-Massenspektrometrie-Detektion (LC-MS/MS).



19

## Kapitel 5) Störungen

### • 5.1 Probennahme

- Langkettige PFAS
  - z.B. Perfluoralkylcarbonsäuren mit  $x \geq 7$
  - Perfluoralkansulfonsäuren mit  $x \geq 6$ , wobei  $x$  die Anzahl der perfluorierten C-Atome in der Kette ist
- können sich auf die Grenzflächen Wasser/Behälter und Wasser/Luft verteilen.
- Beeinträchtigungen sind abhängig von der Geometrie sowie dem Material der Probengefäße und können durch Minimierung der Probenoberfläche möglichst klein gehalten werden, z.B. durch Verwendung schmaler Gefäße mit kleiner Oberfläche

### • 5.2 Blindwerte

- Blindwerte so zu minimieren, dass der Blindwert für das Gesamtverfahren einschließlich des Instrumentenblindwerts mindestens ein Drittel unterhalb der LOQ liegt
- Niedermolekulare Rückstände in fluorpolymerhaltigen Materialien ... die häufig in LC-Geräten verwendet werden, können ... zu Blindwerten führen.
- Zur Vermeidung von Blindwerten sind ... vorzugsweise Gegenstände aus Glas, Stahl, Polyetheretherketon (PEEK), Polystyrol (PS), Polypropylen (PP) oder Polyethylen (PE) zu verwenden.
- Probenahmegefäße (7.2) und Probenfläschchen (7.12) sind vor Gebrauch auf mögliche Blindwerte zu prüfen



20

## Adsorptionseffekte

- Wasserproben werden in einem geeigneten Probennahmegefäß entnommen
- Mindestens die Hälfte des Probennahmegefäßes muss leer bleiben
  - **Im Labor wird die Probe im Probennahmegefäß mit Methanol versetzt**
  - Methanolgehalt zwischen 30% und 50%
    - Somit wird die Adsorption der zu analysierenden PFAS an Gefäßwänden oder ihre Anreicherung an der Grenzfläche zwischen Flüssigkeit und Luft minimiert
- ANMERKUNG
  - Die **Verdünnung der gesamten Probenmenge mit Methanol wie oben beschrieben, ist notwendig,** um Verluste von langkettigen Analyten mit einer **C > 10** zu vermeiden
  - Wenn der Analysenumfang solche Analyten nicht umfasst, deren Fehlen in der Probe in vorangegangenen Analysen nachgewiesen wurde oder wenn gezeigt werden kann, dass alle Qualitätskriterien der Methode ohne Zusatz von Methanol erfüllt werden können kann ein Aliquot der Probe in das Probenfläschchen überführt und darin mit Methanol verdünnt werde



21

## Kapitel 12) Angabe der Ergebnisse

- Die Ergebnisse sind in Nanogramm pro Liter, (ng/l) mit bis zu zwei signifikanten Stellen anzugeben
- Die Ergebnisse sollten als Konzentration der **ungeladenen Substanz** angegeben werden
- Die Ergebnisse sollten **nicht blindwertkorrigiert** werden
- Die Mengen an **verzweigten und unverzweigten Isomeren eines Stoffes werden als Summe** angegeben
  - Dies ist in der Ergebnistabelle entsprechend zu beschreiben.
 

• PFOA	2,1 ng/L
• PFOS (Summe der verzweigten und unverzweigten Isomere)	1,5 ng/L
• PFNA	0,23 ng/L

22

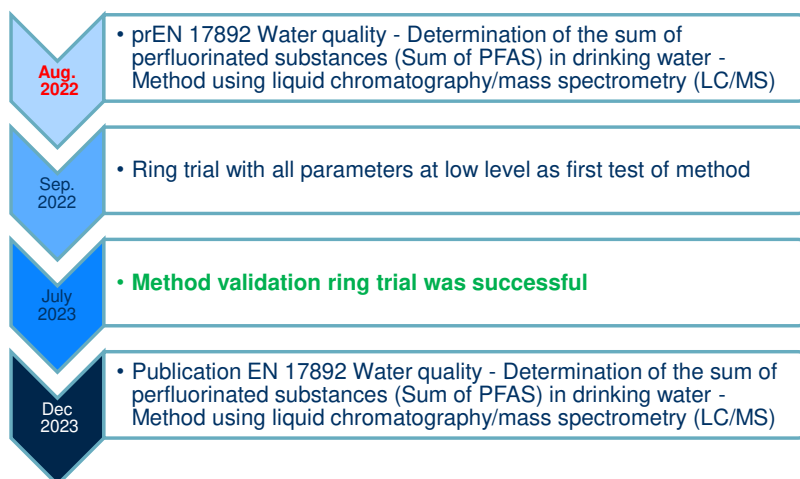
## Summenbildung PFAS-20 und PFAS-4

- Bisherige Praxis TrinkwV
  - PSM, HKW, PAK (Anlage 2 TrinkwV → Bemerkungen)
- „*Voraussetzung für die Summenbildung ist mindestens das jeweilige Erreichen der Bestimmungsgrenze des analytischen Verfahrens*“
- Wird auch bei PFAS-20 und PFAS-4 angewendet
- Bedeutet:
  - Befunde unter der Bestimmungsgrenze gehen mit dem **Wert 0** in die Summe ein!
  - Beispiel:
    - 1) PFOA = 0,001 µg/l und
    - 2) PFOS = 0,004 µg/l
    - 3-20) Alle anderen 18 Stoffe < BG
    - → **Summe PFAS-20 = 0,005 µg/l**

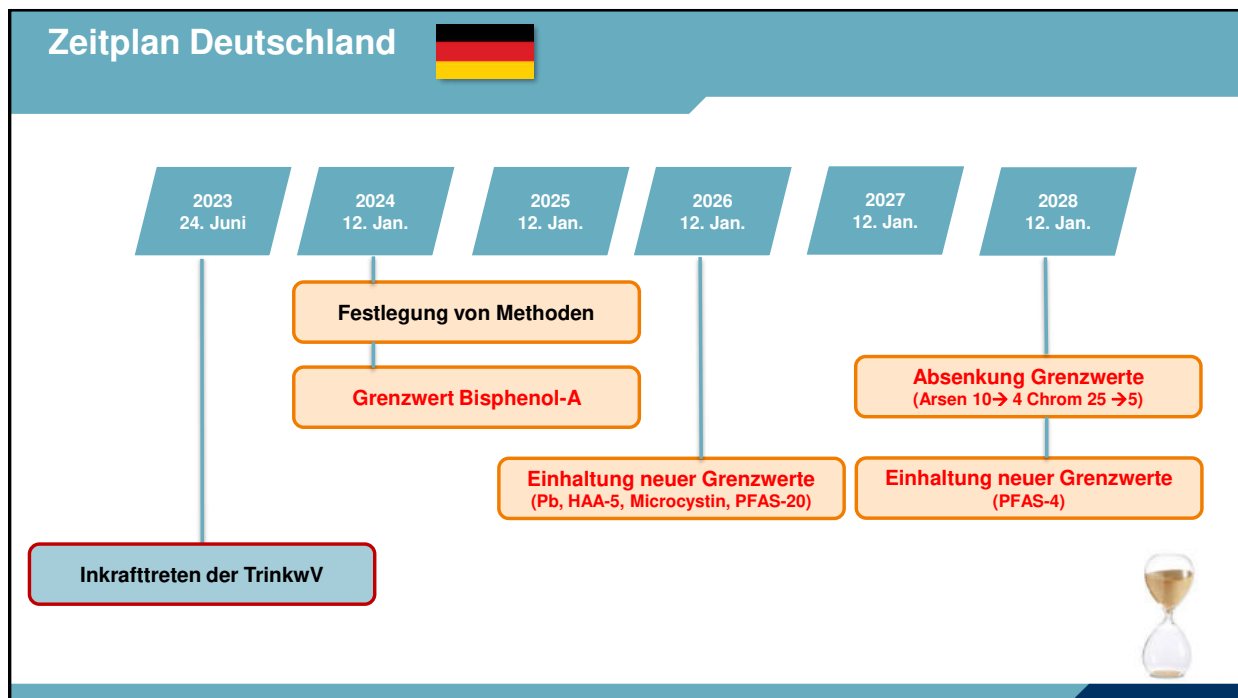


23

## Status der CEN Norm EN 17892



24

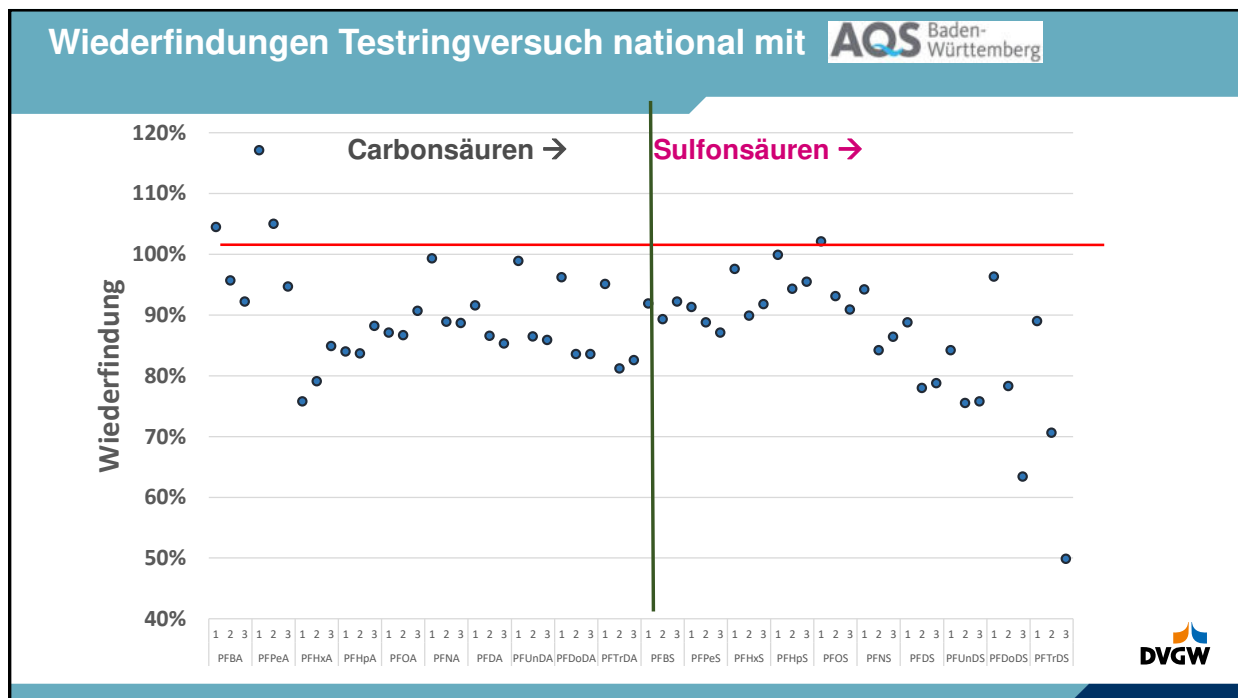


25

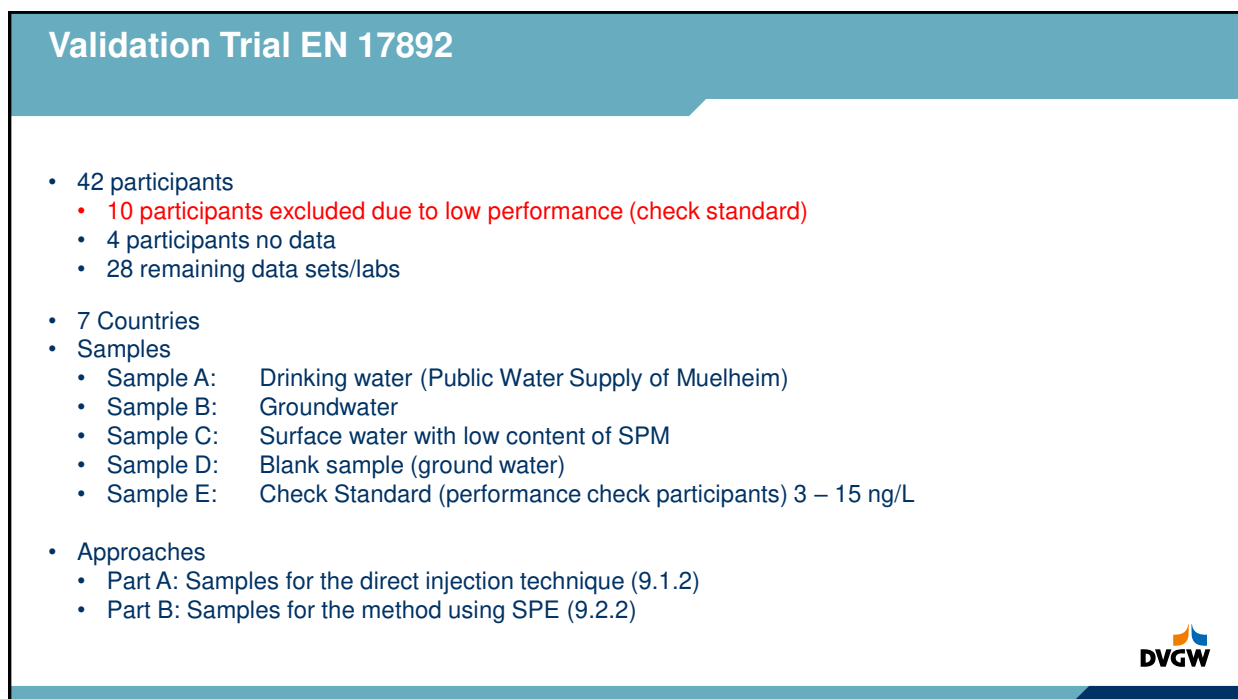
## Validierungsdaten der Norm

Europäische Norm EN 17892

26



27



28

## Part A Direct Injection (Drinkingwater)

Analyte	<i>l</i>	<i>n</i>	<i>o</i> %	<i>X</i> ng/l	$\bar{x}$ ng/l	$\eta$ %	<i>s<sub>R</sub></i> ng/l	<i>C<sub>V,R</sub></i> %	<i>s<sub>r</sub></i> ng/l	<i>C<sub>V,r</sub></i> %
PFBA	14	42	0,0	7,14	6,06	84,9	2,53	41,7	0,57	9,4
PFPeA	18	54	5,3	7,10	5,72	80,6	1,64	28,7	0,37	6,5
PFHxA	17	51	10,5	8,35	5,05	60,5	1,15	22,8	0,28	5,5
PFHpA	17	51	15,0	28,94	23,68	81,8	2,54	10,7	0,77	3,3
PFOA	16	48	15,8	8,85	7,34	82,9	0,92	12,5	0,28	3,8
PFNA	20	60	0,0	18,82	15,14	80,4	2,63	17,4	0,94	6,2
PFDA	20	60	0,0	20,00	17,06	85,3	3,01	17,6	1,12	6,6
PFUnDA	19	57	5,0	16,00	12,63	78,9	2,52	20,0	0,89	7,0
PFDoDA	18	54	0,0	10,00	8,10	81,0	2,43	30,0	0,80	9,9
PFTrDA	17	51	0,0	12,00	8,85	73,8	2,71	30,6	1,21	13,7
PFBS	18	54	10,0	8,56	6,97	81,4	1,05	15,1	0,26	3,7
PFPeS	18	54	10,0	28,20	23,93	84,9	4,10	17,1	0,83	3,5
PFHxS	20	60	0,0	13,52	11,04	81,7	1,64	14,9	0,78	7,1
PFHpS	15	45	11,8	3,82	3,14	82,2	0,74	23,6	0,17	5,4
PFOS	15	45	6,3	5,36	4,10	76,5	1,27	31,0	0,41	10,0
PFNS	14	42	6,7	4,03	3,41	84,6	1,23	36,1	0,43	12,6
PFDS	15	45	6,3	6,75	5,18	76,7	1,62	31,3	0,38	7,3
PFUnDS	16	48	5,9	8,71	6,72	77,2	1,97	29,3	0,87	12,9
PFDoDS	15	45	0,0	3,49	2,54	72,8	1,07	42,1	0,30	11,8
PFTrDS	17	51	5,6	15,55	11,09	71,3	3,98	35,7	0,92	8,3
6:2 FTSA	14	42	6,7	7,24	5,86	80,9	1,37	23,4	0,61	10,4
8:2 FTSA	13	39	0,0	7,68	6,16	80,2	1,59	25,8	0,69	11,2
FOSA	15	45	6,3	6,00	6,13	102,2	2,04	33,3	0,62	10,1
EtFOSAA	8	24	11,1	3,60	2,75	76,4	0,72	26,2	0,29	10,5
HFPO-DA (GenX)	9	27	10,0	5,18	4,63	89,4	1,06	22,9	0,41	8,9
ADONA	13	39	7,1	7,57	6,22	82,2	1,25	20,1	0,25	4,0
PFMPA (PF4OPeA)	6	18	0,0	22,00	21,35	97,0	2,83	13,3	0,53	2,5
11Cl-PF3OUdS	7	21	0,0	9,44	7,53	79,8	2,41	32,0	0,69	9,2
Min						60,5		10,7		
Max						102,2		42,1		
Mean						81,0		25,2		

Explanation of symbols:	
<i>l</i>	number of laboratories after outlier rejection
<i>n</i>	number of individual test results after outlier rejection
<i>o</i>	percentage of outliers
$\bar{x}$	assigned value
	overall mean of results (without outliers)
$\eta$	recovery rate
<i>s<sub>R</sub></i>	reproducibility standard deviation
<i>C<sub>V,R</sub></i>	coefficient of variation of reproducibility
<i>s<sub>r</sub></i>	repeatability standard deviation
<i>C<sub>V,r</sub></i>	coefficient of variation of repeatability



29

## Part B Online and offline SPE (Drinkingwater)

Analyte	<i>l</i>	<i>n</i>	<i>o</i> %	<i>X</i> ng/l	$\bar{x}$ ng/l	$\eta$ %	<i>s<sub>R</sub></i> ng/l	<i>C<sub>V,R</sub></i> %	<i>s<sub>r</sub></i> ng/l	<i>C<sub>V,r</sub></i> %
PFBA	12	36	0,0	7,14	6,33	88,7	1,61	25,4	0,53	8,4
PFPeA	11	32	11,1	7,10	5,71	80,4	1,42	24,9	0,33	5,8
PFHxA	12	36	0,0	8,35	5,20	62,3	1,21	23,3	0,40	7,7
PFHpA	12	36	0,0	28,94	23,90	82,6	3,58	15,0	0,44	1,8
PFOA	11	33	8,3	8,85	7,29	82,4	1,03	14,1	0,27	3,7
PFNA	11	33	8,3	18,82	15,16	80,6	2,76	18,2	0,60	4,0
PFDA	11	33	8,3	20,00	16,60	83,0	3,21	19,3	0,70	4,2
PFUnDA	12	36	0,0	16,00	11,85	74,1	4,01	33,8	0,62	5,2
PFDoDA	12	36	0,0	10,00	7,31	73,1	2,50	34,2	0,54	7,4
PFTrDA	12	36	0,0	12,00	8,12	67,7	3,38	41,6	1,25	15,4
PFBS	11	33	8,3	8,56	7,36	86,0	1,28	17,4	0,23	3,1
PFPeS	11	33	0,0	28,20	24,68	87,5	3,60	14,6	1,37	5,6
PFHxS	12	36	0,0	13,52	11,38	84,2	1,69	14,9	0,50	4,4
PFHpS	11	33	8,3	3,82	3,24	84,8	0,67	20,7	0,25	7,7
PFOS	11	33	8,3	5,36	3,84	71,6	0,72	18,8	0,29	7,6
PFNS	10	30	9,1	4,03	2,62	65,0	0,88	33,6	0,29	11,1
PFDS	11	33	8,3	6,75	4,20	62,2	2,13	50,7	0,36	8,6
PFUnDS	11	33	0,0	8,71	5,84	67,0	2,95	50,5	0,81	13,9
PFDoDS	9	27	10,0	3,49	2,32	66,5	1,33	57,3	0,36	15,5
PFTrDS	10	30	9,1	15,55	9,81	63,1	5,46	55,7	1,09	11,1
6:2 FTSA	7	21	12,5	7,24	6,33	87,4	1,44	22,7	0,50	7,9
8:2 FTSA	9	27	0,0	7,68	6,49	84,5	1,72	26,5	0,59	9,1
FOSA	7	21	30,0	6,00	4,95	82,5	1,12	22,6	0,26	5,3
EtFOSAA	7	21	0,0	3,6	2,73	75,8	0,8	29,3	0,48	17,6
HFPO-DA (GenX)	9	27	0,0	5,18	3,84	74,1	0,97	25,3	0,28	7,3
ADONA	8	24	0,0	7,57	6,26	82,7	1,33	21,2	0,24	3,8
PFMPA (PF4OPeA)	4	12	0,0	22	20,14	91,5	4,42	21,9	1,17	5,8
11Cl-PF3OUdS	6	18	0,0	9,44	6,65	70,4	2,98	44,8	0,58	8,7
Min						62,2		14,1		
Max						91,5		57,3		
Mean						77,2		28,5		

Explanation of symbols:	
<i>l</i>	number of laboratories after outlier rejection
<i>n</i>	number of individual test results after outlier rejection
<i>o</i>	percentage of outliers
$\bar{x}$	assigned value
	overall mean of results (without outliers)
$\eta$	recovery rate
<i>s<sub>R</sub></i>	reproducibility standard deviation
<i>C<sub>V,R</sub></i>	coefficient of variation of reproducibility
<i>s<sub>r</sub></i>	repeatability standard deviation
<i>C<sub>V,r</sub></i>	coefficient of variation of repeatability



30

## LOQ of Part B SPE (Drinkingwater)

Analyte	Mean LOQ	standard deviation	Minimum LOQ	Maximum LOQ	CV,R	No of labs
	ng/l				%	
PFBA	1,24	0,77	0,1	2,50	62%	12
PFPeA	1,23	0,78	0,1	2,50	64%	12
PFHxA	1,10	0,67	0,1	2,50	61%	12
PFHpA	1,10	0,67	0,1	2,50	61%	12
PFOA	1,06	0,70	0,1	2,50	66%	12
PFNA	1,23	0,78	0,1	2,50	64%	12
PFDA	1,23	0,78	0,1	2,50	64%	12
PFUnDA	1,23	0,78	0,1	2,50	64%	12
PFDoDA	1,43	1,31	0,1	5,00	91%	12
PFTrDA	1,43	1,31	0,1	5,00	91%	12
PFBS	1,23	0,78	0,1	2,50	64%	12
PFPeS	1,19	0,63	0,1	2,50	52%	11
PFHxS	1,10	0,67	0,1	2,50	61%	12
PFHpS	1,10	0,67	0,1	2,50	61%	12
PFOS	1,06	0,70	0,1	2,50	66%	12
PFNS	1,19	0,63	0,1	2,50	52%	11
PFDS	1,43	1,31	0,1	5,00	91%	12
PFUnDS	1,55	1,30	0,1	5,00	84%	11
PFDoDS	2,01	2,72	0,1	10,00	135%	11
PFTrDS	1,55	1,30	0,1	5,00	84%	11
8:2 FTSA	1,24	0,91	0,1	2,50	73%	9
8:2 FTSA	1,52	1,52	0,1	5,00	100%	9
FOSA	1,22	0,86	0,1	2,50	70%	10
EtFOSAA	1,11	0,80	0,1	2,50	73%	8
HFPO-DA (GenX)	1,08	0,78	0,1	2,50	72%	9
ADONA	1,09	0,83	0,1	2,50	76%	8
PFMPA (PF4OPeA)	0,78	0,45	0,1	1,00	58%	4
11Cl-PF3OUdS	1,27	0,85	0,1	2,50	67%	6



32

## Measurement Uncertainties from individual labs – Part A direct method

Analyte	Mean MU	standard deviation	Minimum MU	Maximum MU	CV,R	No of labs
	(k=2) [%]					
PFBA	27%	12%	12%	46%	47%	10
PFPeA	26%	14%	9%	47%	53%	10
PFHxA	22%	13%	6%	43%	59%	10
PFHpA	24%	10%	11%	43%	41%	10
PFOA	25%	11%	11%	43%	43%	10
PFNA	25%	12%	10%	44%	46%	10
PFDA	24%	11%	12%	42%	45%	10
PFUnDA	27%	12%	13%	43%	43%	10
PFDoDA	26%	10%	14%	42%	40%	10
PFTrDA	29%	10%	15%	43%	34%	10
PFBS	24%	12%	9%	43%	49%	10
PFPeS	23%	13%	7%	47%	58%	10
PFHxS	23%	13%	9%	45%	56%	10
PFHpS	26%	14%	9%	50%	56%	10
PFOS	25%	13%	7%	48%	51%	10
PFNS	26%	14%	11%	49%	52%	10
PFDS	27%	14%	11%	46%	50%	10
PFUnDS	28%	12%	10%	44%	42%	10
PFDoDS	31%	16%	11%	56%	52%	10
PFTrDS	35%	15%	15%	61%	42%	9



33



## Measurement Uncertainties from individual labs – Part B SPE methods

Analyte	Mean MU (k=2)	standard deviation	Minimum MU	Maximum MU	CV,R	No of labs
	[%]		[%]	[%]		
PFBA	19%	9%	4%	29%	47%	7
PFPeA	25%	9%	12%	39%	35%	7
PFHxA	23%	6%	12%	29%	25%	7
PFHpA	25%	6%	12%	29%	23%	7
PFOA	26%	7%	11%	32%	28%	7
PFNA	26%	7%	11%	31%	26%	7
PFDA	26%	8%	13%	32%	30%	7
PFUnDA	28%	9%	17%	46%	31%	7
PFDoDA	24%	6%	13%	30%	24%	7
PFTTrDA	32%	17%	18%	64%	53%	7
PFBS	23%	7%	12%	34%	31%	7
PFPeS	22%	6%	13%	29%	27%	6
PFHxS	25%	7%	12%	34%	26%	7
PFHpS	26%	9%	14%	36%	33%	7
PFOS	29%	9%	12%	37%	30%	6
PFNS	28%	9%	13%	40%	31%	6
PFDS	29%	7%	14%	37%	25%	7
PFUnDS	30%	5%	23%	37%	15%	6
PFDoDS	38%	10%	27%	54%	26%	6
PFTTrDS	36%	8%	27%	47%	22%	6



34

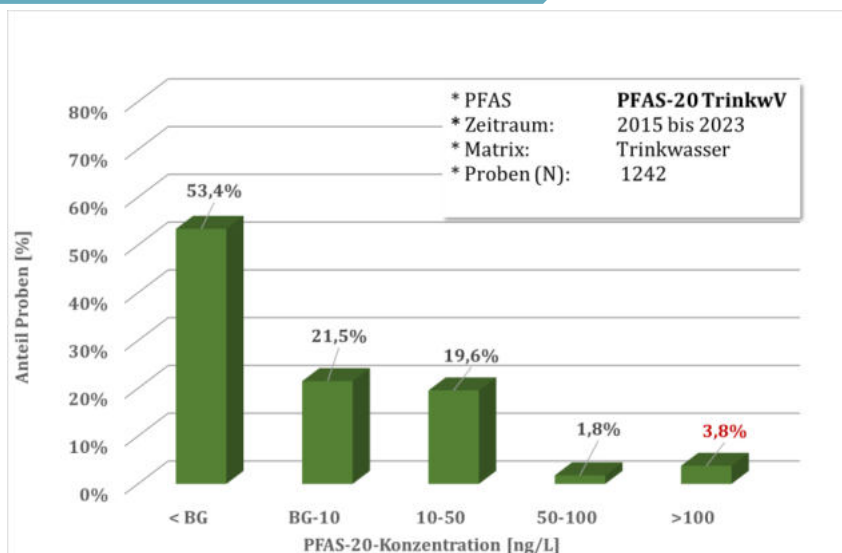
## Befunde in deutschen Trinkwässern

Was kommt eigentlich vor?



35

## PFAS IM TRINKWASSER: PFAS-20 > 0,1 µg/L



Umwelt  
Bundesamt

Bayerisches Landesamt für  
Umwelt und Lebensmittelsicherheit

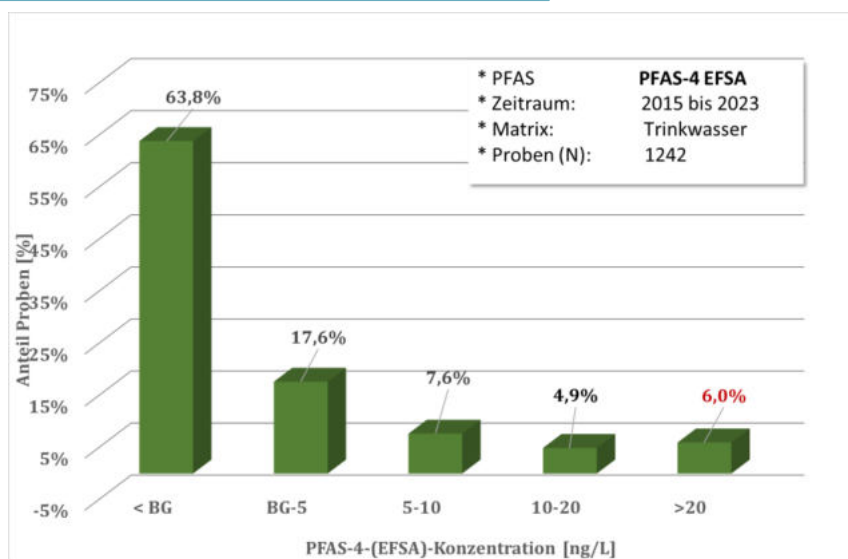
DVGW | TZW  
Technologiestrum  
Wasser

IWW  
IWW ZENTRUM WASSER

DVGW

36

## PFAS IM TRINKWASSER: PFAS-4 > 0,020 µg/L



Umwelt  
Bundesamt

Bayerisches Landesamt für  
Umwelt und Lebensmittelsicherheit

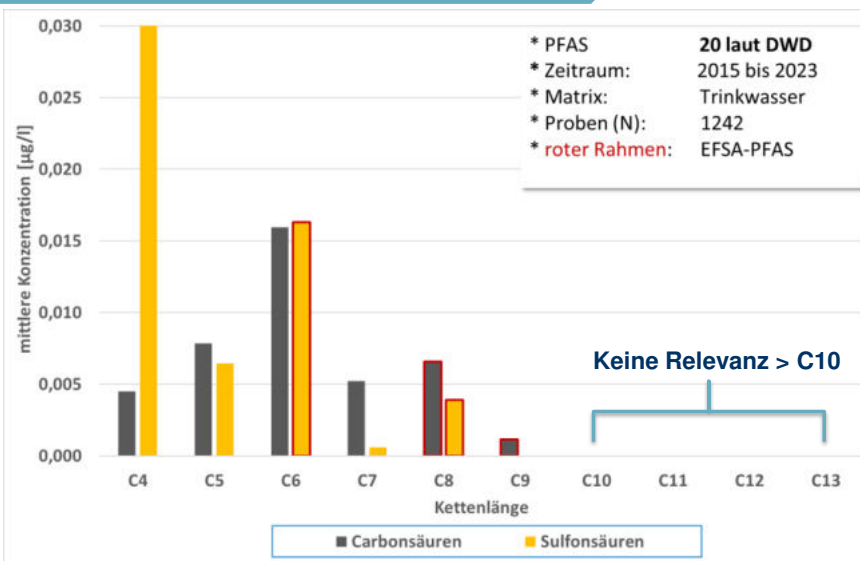
DVGW | TZW  
Technologiestrum  
Wasser

IWW  
IWW ZENTRUM WASSER

DVGW

37

## Datensammlung 2023: Konzentrationsverteilung PFAS nach Kettenlänge

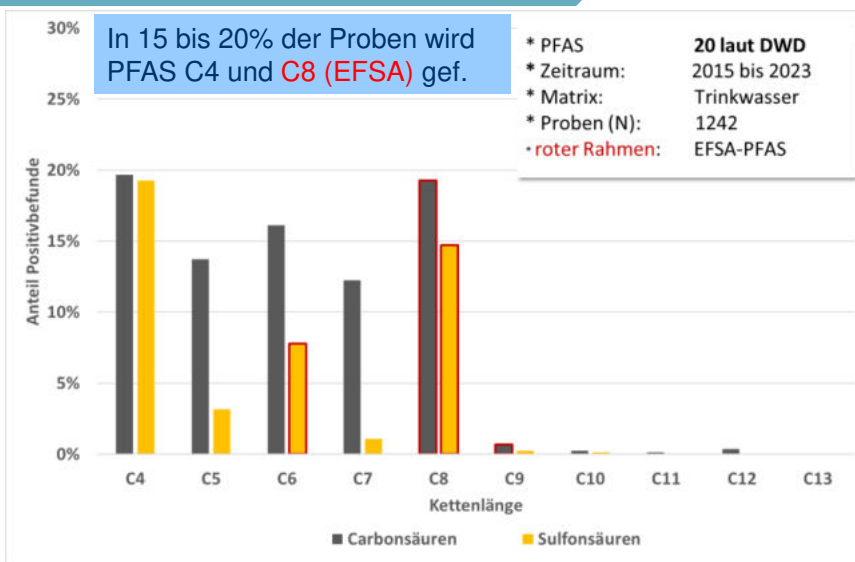


Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit



38

## Datensammlung 2023: Häufigkeitsverteilung PFAS nach Kettenlänge



Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit



39

## Auswertung → Publikation in EWP



Borchers, U., C. Beulker, et al. (2022). "PFAS im Trinkwasser – Erster Überblick über Befunde und Herausforderungen für die Wasserversorgung " energie | wasser-praxis (September 2022): 64-71.



40

## Neuaufgabe des Buches zur TrinkwV 2023 in Vorbereitung

- <https://www.beuth.de/de/publikation/die-trinkwasserverordnung-2023/361725535>

**PUBLIKATION [VORBESTELLBAR] | BEUTH RECHT | 2023-11**

### Die Trinkwasserverordnung 2023

Erläuterungen - Änderungen - Rechtstexte

Autoren: Dr. Ulrich Borchers, Dr. Karin Gerhardy

Herausgeber: DIN

Auch für Tablets und Smartphones



41 Borchers, PFAS

41

# Vielen Dank!



**Dr. Ulrich Borchers**

[u.borchers@iww-online.de](mailto:u.borchers@iww-online.de)



IWW ZENTRUM WASSER

